

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제21권 제1호, 2016년 1월 (JBE Vol. 21, No. 1, January 2016)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2016.21.1.97>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

ICS 극소출력 중계기를 이용한 난시청 개선 - 필드 테스트와 분석 -

최수철^{a)}, 조기량^{b)‡}

Improvement of Fringe Area using ICS Extremely Low Power Repeater - Field Tests and Analysis -

Soo-cheol Choi^{a)} and Ki-ryang Cho^{b)‡}

요 약

본 논문에서는 지상파 Digital TV(Television) 방송의 난시청 지역 해소를 위하여 동일 채널 DTV ICS(Interference Cancellation System) 극소출력 중계기를 이용한 필드 테스트 분석을 통한 효과를 입증하였다. 전국적으로 산재한 난시청 지역(자연적) 및 건물(인위적)중에서 7개소를 필드 테스트 지역으로 선정하고, 각 방송국(KBS1, KBS2, EBS, MBC, SBS)에 대하여 ICS 극소출력 중계기의 설치 전, 후의 수신 전계 강도와 SNR(Signal to Noise Ratios)을 측정하고, 또한 수신을 개선 현황을 통하여 ICS 극소출력 중계기의 효과를 검증하고, 향후 ICS 타입 극소출력 중계기의 확산을 위한 연구 기반을 제공하였다.

Abstract

In this paper, in order to relieve the area of terrestrial DTV broadcasting, we watch the same channel DTV Repeater output ICS using nano field test and analysis of effect was proven. Interspersed throughout the blanket area(natural) and buildings(artificially) 7 established the field selected as the test area, and each station(KBS1, KBS2, MBC, SBS, EBS) Extremely Low Power ICS Repeater the same channel of the receiving field strength and after install, SNR(Signal to Noise Ratios) verify the equipment to measure the efficacy and minimal output for future ICS type nav should you wish to provide a research-based for the spread.

Keywords : DTV, Extremely Low Power ICS DTV Repeater, Fringe area

a) 한국방송공사(KBS)

b) 전남대학교(Chonnam National University)

‡ Corresponding Author : 조기량(Ki-ryang Cho)

E-mail: krcho@jnu.ac.kr

Tel: +82-61-659-7236

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0072-7387>

· Manuscript received January 12, 2016; Revised January 21, 2016;

Accepted January 21, 2016.

1. 서 론

고품질의 TV방송 서비스 제공을 위해 전 세계적으로 아날로그 TV 방송을 디지털 TV 방송으로 전환하는 추세에 대응하여 우리나라에서도 지상파 TV 방송의 디지털 전환과 디지털 방송의 활성화에 관한 특별법^[1]에 근거하여 2012

년 12월 31일을 기점으로 디지털 TV 방송으로의 전환이 완료되어 완전한 디지털 TV 방송 시대를 맞이하였다.

지상파 직접 수신 환경을 개선하기 위한 다양한 노력이 지상파 방송사를 통해 이루어지고 있다²⁻³⁾. 우리나라는 70%가 넘는 산악 지형과 도심지의 고층 건물 등에 의해 방송 전파 환경이 양호하지 않다.

기존 아날로그 방송의 경우에 낮은 수신 전계 강도와 고스트로 인해 많은 시청자들이 유선 방송의 재전송에 의존하였다.

그러나, 디지털 방송은 아날로그 방송과는 다르게 안정된 수신을 위한 최저 신호 대 잡음비가 기존 아날로그의 35dB 수준에서 15dB로 대폭 향상되었으며, 지속적인 수신기의 성능 개선 등으로 수신 감도 또한 개선되어 실외 안테나뿐만 아니라 실내 안테나를 통한 수신이 가능한 지역도 확대되고 있다.

특히, 공동 주택과 공동 수신 시설의 확산으로 지상파 수신 설비를 갖춘 대규모 수신 가구가 증가하고 있어 소위 디지털 방송을 수신 가능한 ‘DTV ready’ 가구가 점차 확대되고 있다. 지상파 방송사들 역시 지상파 DTV 직접 수신율을 높이려고 하는 다양한 노력을 수행하고 있어 앞으로도 이러한 직접 수신 가능 가구는 크게 늘어날 것으로 기대된다.

본 논문에서는 지상파 방송을 중심으로 진행되고 있는 지상파 수신을 확대를 위한 ICS 극소출력 중계기에 대한 기술적 분석과 더불어 필드 테스트를 통하여 ICS 극소출력 중계기의 효과를 검증하였다.

II. ICS 기반 DTV 극소출력 중계기

국내 지상파 DTV 표준으로 선정된 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식은 단일 반송파를 사용하는 방식으로써 단일 주파수망인 SFN(Single Frequency Network)의 구성이 어렵다고 하는 주파수 이용 관점에서 문제점을 가지고 있다¹⁾.

SFN의 구축은 방송 주파수 이용 효율의 향상은 물론 방송 구역 내에서 안정적인 전파 세기를 보장할 수 있어서

방송 서비스의 품질을 높일 수 있는 장점을 가지고 있다²⁾. 이와 같은 SFN의 장점을 살리기 위하여 ATSC DTV 시스템을 위한 동일 채널 중계기인 DOCR(Digital On-Channel Repeater) 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다³⁻⁵⁾.

초기에 제안된 DOCR인 RF(Radio Frequency) processing DOCR, IF processing DOCR, baseband decoding DOCR은 신호 품질이나 인접 채널 간섭, 귀환 신호에 의한 송출 능력의 제한, DOCR 내에서의 처리 시간 등이 각각의 문제점으로 부각되었다. 전자통신연구원(ETRI)에서 제안된 등화형 동일 채널 중계기인 EDOCR(Equalization DOCR)⁶⁾은 기존 DOCR의 문제점을 크게 향상시켰으나, 송신 출력에 제한이 있어서 SFN 확장에 제한된다고 하는 문제점을 안고 있다. 한편, DAB(Digital Audio Broadcasting)용으로 고안된 간섭 제거 기술 기반의 디지털 동일 재생 중계기인 IC-DOCR(Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater)⁷⁾은 등화기 대신에 FIR(Finite Impulse Response) 필터를 이용하여 귀환 신호를 제거함으로써 DOCR의 송출 능력을 높일 수 있다.

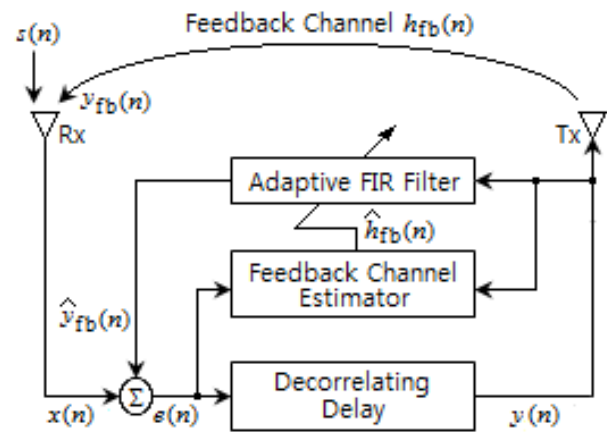


그림 1. 간섭 제거 기반 동일 채널 중계기
Fig. 1. Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater(IC-DOCR)

그림 1은 IC-DOCR의 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 여기에서, 입력 신호 $x(n)$ 은 주송신국으로부터 수신된 신호 $s(n)$ 과 송신 안테나(Tx)에서 귀환 채널을 통하여 수신 안테나(Rx)로 귀환된 신호 $y_{fb}(n)$ 이 결합되어 있으며, 이

입력 신호에서 수신 신호와 귀환 신호와의 상관도를 이용하여 송신 안테나에서 귀환되는 신호를 제거한다.

송수신 안테나 사이에는 LMS 알고리즘을 적용한 적응형 FIR 필터를 사용하여 귀환 채널 $h_{fb}(n)$ 을 추정한다. 적응형 알고리즘인 LMS(Least Mean Square) 알고리즘은 FIR 필터로 구현되는 것이 일반적이며, 그 효율성과 단순성 때문에 적응 안테나 시스템, 시스템 인식, 선형 예측 및 시간 지연 추정 등 여러 분야에 응용할 수 있다⁸⁾.

그림 1에서 오차 신호 $e(n)$ 은 입력 신호 $x(n)$ 과 FIR 필터로부터 추정된 귀환 신호 $\hat{y}_{fb}(n)$ 과의 차, 즉

$$e(n) = x(n) - \hat{y}_{fb}(n) = x(n) - \hat{h}_{fb}^T(n)y(n) \quad (1)$$

으로 정의된다. T 는 전치(transpose)를 의미한다.

식 (1)에서 오차 신호 $e(n)$ 은

$$e(n) = [e(n), e(n-1), \dots, e(n-K+1)]^T \quad (2)$$

이며, 추정 귀환 신호인 $\hat{y}_{fb}(n)$ 은 FIR 필터의 탭 계수를 나타내는 벡터로서

$$\hat{h}_{fb}(n) = [\hat{h}_0(n), \hat{h}_1(n), \dots, \hat{h}_{k-1}(n)] \quad (3)$$

이며, DOCR 송출 신호 벡터인 $y(n)$ 은

$$y(n) = [y(n), y(n-1), \dots, y(n-K+1)] \quad (4)$$

이다. 여기에서, K 는 FIR 필터의 탭 수를 나타낸다.

식 (1)에서 에러 신호 $e(n)$ 이 최소(이상적으로는 0)로 되기 위해서는 귀환 신호 성분인 $y_{fb}(n)$ 이 완벽하게 제거되어야 하고, 이를 위해서는 추정 귀환 신호 $\hat{y}_{fb}(n)$ 과 입력 신호 $x(n)$ 에 포함된 귀환 신호 $y_{fb}(n)$ 과 일치되는 귀환 채널의 추정이 제대로 이루어져야 한다.

필터의 탭 계수 벡터 $\hat{h}_{fb}(n)$ 를 구하기 위한 목적 함수 F 는 식 (5)와 같이 정의된다.

$$F = E[|e(n)|^2] = E\left[|x(n) - \hat{h}_{fb}(n)y(n)|^2\right] \quad (5)$$

식 (5)의 목적 함수 F 가 최소로 된 때에 추정 귀환 신호는 송신 안테나로부터의 귀환 신호에 거의 근접하게 되며, 이때의 $\hat{h}_{fb}(n)$ 이 최적의 필터 탭 계수로 되는 것이다. LMS 알고리즘에서는 다음 식에 따라 탭 계수 $\hat{h}_{fb}(n)$ 을 갱신한다⁵⁾.

$$\hat{h}_{fb}(n+1) = \hat{h}_{fb}(n) + \mu e(n)y(n) \quad (6)$$

여기에서, μ 는 스텝 파라미터라고 하며, LMS 알고리즘을 이용한 반복 계산 과정에서 수렴성이나 안정성을 조절하기 위한 파라미터이다. 식 (6)에서 적응형 FIR 필터의 탭 계수의 갱신은 송출 신호 벡터 $y(n)$ 과 오차 신호 $e(n)$ 의 곱을 이용하여 이루어짐을 알 수 있다.

IC-DOCR에서 상관도 감소 지연(decorrelating delay)이 없을 경우, 오차 신호 $e(n)$ 이 곧 송출 신호 $y(n)$ 이 되고, 높은 상관도로 인하여 귀환 채널 추정 성능이 영향을 받게 된다. 따라서 IC-DOCR에서는 송출 신호와 오차 신호 사이의 상관도를 낮추기 위해 식 (7)과 같이 상관도 감소 지연을 적용한다.

$$y(n) = e(n - \Delta) \quad (7)$$

IC-DOCR에서 상관도가 제거될 정도로 충분한 길이의 지연 시간이 보장되면 귀환 추정 성능이 좋아진다. 즉, 주송신 채널의 상태가 열악할수록 인접 채널 간 간섭(ISI : Inter-Symbol Interference)에 의해 부호 사이의 상관도가 높아지므로 Δ 도 증가하여야 한다. 그러나 상관도 감소 지연의 길이가 길어질수록 DOCR에서의 처리 시간도 함께 증가하게 되어 송출되는 신호의 전파 지연도 길어지게 된다. 이는 수신단 관점에서 긴 시간 지연을 갖는 다중 경로 신호로 간주되어 등화기에 부담이 되므로 수신기의 성능 열화 요인으로 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 필터의 탭 계수를 부분 갱신(partial update)하는 기법을 적용하였다.

본 논문에서는 DOCR의 송출 능력을 높이기 위하여 ATSC DTV 시스템에 ICS 극소출력 중계기를 적용하여 필드 테스트를 거쳐 그 성능을 검토하였다.

III. 필드 테스트에 사용한 시스템

1. 중계기의 시스템 구성 및 동작 개요

ICS 극소출력 중계기는 1MHz당 10mW 이하의 출력으로 국부적인 난시청 및 전파 음영 지역을 해소하기 위하여 해당 지역의 방송 채널과 동일한 채널로 재전송하는 방송 중계 장치이다. 이 중계기는 송수신 사이에 동일 채널을 사용하므로 주파수 이용에 대한 효율성을 극대화시킬 수 있으며, 특별히 주파수 허가를 받지 않고도 민간에서 형식 승인 등의 허가를 받은 제품을 건물 옥상이나 전주 등에 간단히 설치하여 국부적인 난시청을 해소할 수 있다고 하는 장점이 있다.

ICS 극소출력 중계기는 그림 2와 같이 크게 LNA(Low Noise Amp) unit, up/down converter, DSP(Digital Signal Process)를 포함하는 ICS uinit, PA(Power Amp) unit, CH BPF(Band Pass Filter) 및 combiner, MCU 그리고 power supply(입출력 고정형의 경우) 등으로 구성된다.

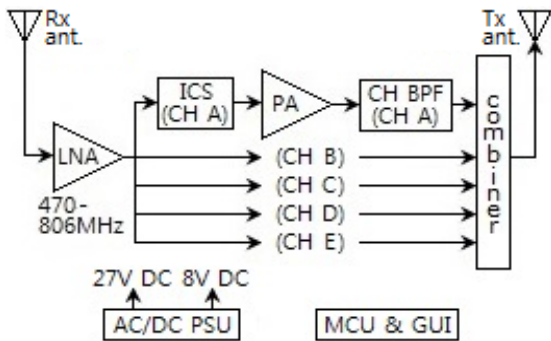


그림 2. ICS 극소출력 중계기 시스템 구성도
Fig. 2. System block diagram of ICS extremely low power repeater

이 중계기는 수신 안테나에 입력된 동일 주파수의 송신소 신호와 인위적, 자연적인 요인으로 발생한 귀환 신호가 혼합된 신호와 DSP 알고리즘을 ICS 중계기 내에서 모델링한 귀환 간섭 신호를 합성하여 귀환 간섭 신호를 30~40dB 정도 감쇠시킨 신호를 송신 안테나를 통하여 방사한다.

표 1은 본 논문에서 필드 테스트에 이용한 ICS 극소출력 중계기의 사양을 나타내고 있다. 여기에서, 채널 14~18은

각각 MBC, KBS1, SBS, KBS2, EBS 채널이다.

표 1. ICS 극소출력 중계기의 사양
Tab. 1. Specifications of ICS extremely low power repeater

ITEM	Spec
Frequency Range	470-806MHz
Signal	ATSC(8VSB)
Input AGC Range	-70dBm~-40dBm
RF bandwidth	6.0MHz
Output	17dBm/6MHz
Frequency Response	±1.0dB
Noise figure	3dB and less
Suppression of ICS	25dB
Delay time	6µs and less
Delay time of group	±300ns and less
Input/output channel	14, 15, 16, 17, 18

표 2. 송신 안테나의 사양
Tab. 2. Specifications of transmitting antenna

ITEM	Spec	
Antenna	Dipole	- Antenna : FRP/Aluminum - N type connector
Frequency Range	470-806MHz	
Gain	4dBi and less	
horizontal beam width	75°	
Front to back ratio	20dB or more	
Impedance	50Ω	
VSWR	1.5 : 1	

표 3. 수신 안테나의 사양
Tab. 3. Specifications of receiving antenna

ITEM	Spec	
Antenna	Yagi	- Antenna : Aluminum/stainless steel - N type F type connector
Frequency Range	470-806MHz	
Gain	8dBi and less	
horizontal beam width	50°	
Front to back ratio	20dB or more	
Impedance	50/75Ω	
VSWR	1.5 : 1	

표 2, 3은 각각 필드 테스트에 이용한 송수신 안테나의 사양, 그리고 그림 3~4는 각 측정 지점에 설치된 송신 안테

나(1 방향, 2방향)와 수신 안테나(지주, 벽면 설치), 그리고 그림 5는 중계기 설치를 완료한 모습을 나타낸 것이다.



그림 3. 송신 안테나(1 방향, 2 방향)
 Fig. 3. Transmitting antenna(1, 2 direction)



그림 4. 수신 안테나(지주, 벽면에 설치)
 Fig. 4. Receiving antenna(pole & wall mounted)



그림 5. 설치된 중계기
 Fig. 5. Installed repeater system

그리고, 그림 6은 DTV 필드 테스트를 위한 시스템 구성 및 측정 결과의 일례를 나타내고 있다.



그림 6. DTV 필드 테스트를 위한 시스템 구성 및 측정 결과 예
 Fig. 6. The system configuration for DTV field test and example of measurement result

IV. 필드 테스트 및 고찰

본 논문에서는 지상파 DTV 방송의 난시청 지역 해소 개선 효과를 분석하기 위하여 ICS 극소출력 중계기를 DTV 방송 신호가 거의 수신되지 않는 난시청 지역인 경기도 광주시 오포읍 능평리 6개소(A), 경기도 동두천시 광양동 9개소(B), 경북 예천군 하리면 우곡리 5개소(C), 광주광역시 북구 각화동 5개소(D), 전남 여주시 돌산읍 죽포리 6개소(E), 충남 아산시 영인면 아산리 3개소(F), 제주도 제주시 추자읍 목리 6개소(G)의 인위적(건물), 자연적(지형) 형태의 난시청 지역(수신 전계 강도 : $35\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 미만, 화질 : 불량(black))에 적용하여 각 지점에서의 수신 전계 강도 및 SNR에 대해 필드 테스트를 실시하였다.

위의 필드 테스트는 KBS1(CH 15), KBS2(CH 17), EBS(CH 18), MBC(CH 14), SBS(CH 16)의 각 방송국의 방송 수신 신호를 측정하여 분석하였다.

단, 필드 테스트에서 중계기 설치 지점의 측정 결과는 분석 과정에서 제외하는 것으로 하였다. ICS 극소출력 중계기를 설치하기 전에는 전계 강도 측정기 상에 noise floor만 존재하였으며, TV 화면 또한 black으로 나타나 SNR의 측

정은 불가능하였다.

표 4는 각 측정 지점에 ICS 극소출력 증계기를 설치하

여 수신한 측정 결과(수신 전계 강도 및 SNR)를 나타낸 것이다.

표 4. 수신 측정 결과

Tab. 4 Results of receiving measurement

Test Point	Broadcasting	mean value of field strength (dB μ V/m)	Average SNR	Max/Min value of field strength (dB μ V/m)	Max/Min SNR
A (building)	KBS1	52.8	25.2	57.2/48.3	29.5/21.8
	KBS2	52.3	21.9	59.1/49.0	22.7/21.3
	EBS	52.4	21.5	59.3/47.6	22.0/20.8
	MBC	52.9	23.7	57.7/48.2	29.0/21.2
	SBS	52.6	21.8	58.2/48.6	22.6/21.0
B (building)	KBS1	55.9	25.0	61.4/48.1	28.6/21.9
	KBS2	56.0	24.5	62.0/47.8	26.5/21.0
	EBS	56.0	23.5	61.5/48.5	27.2/20.8
	MBC	55.8	23.1	61.1/48.1	26.8/20.5
	SBS	55.7	22.8	61.0/48.0	25.9/20.3
C (landforms)	KBS1	53.5	21.2	57.1/47.0	21.7/20.5
	KBS2	53.9	26.0	58.1/48.1	29.0/21.3
	EBS	53.6	21.3	57.8/47.1	21.6/20.7
	MBC	53.5	21.3	58.2/47.5	22.0/20.0
	SBS	54.1	19.9	58.2/48.2	20.5/19.5
D (building)	KBS1	55.4	27.7	63.9/51.8	28.5/27.0
	KBS2	54.7	28.1	64.1/50.8	30.7/21.7
	EBS	54.9	27.1	61.7/52.2	27.7/26.7
	MBC	54.3	27.4	65.5/50.0	30.4/21.7
	SBS	54.4	27.9	64.4/50.4	31.8/22.8
E (landforms)	KBS1	56.8	25.9	65.9/45.7	28.4/22.6
	KBS2	56.8	27.1	66.9/44.7	29.6/24.2
	EBS	-	-	-	-
	MBC	55.6	29.1	63.1/44.5	30.5/27.4
	SBS	58.6	27.7	69.2/48.6	29.6/25.8
F (landforms)	KBS1	48.3	20.1	52.4/45.8	21.0/19.2
	KBS2	48.9	21.1	52.1/46.1	21.9/20.5
	EBS	49.1	21.0	51.2/47.3	21.3/20.8
	MBC	47.6	22.6	53.0/44.6	28.2/19.5
	SBS	64.7	20.6	52.8/46.8	21.3/20.0
G (landforms)	KBS1	59.0	28.4	65.4/55.4	28.8/27.7
	KBS2	58.8	28.0	65.8/55.0	29.2/25.0
	EBS	59.0	26.2	63.8/54.3	27.3/24.3
	MBC	59.6	31.0	64.2/57.7	38.1/28.5
	SBS	59.9	30.9	66.3/56.4	36.8/28.3

위의 측정 결과에서,

1. 각 측정 지점에서의 평균 수신 전계 강도는 방송통신 위원회고시 제2008-17호에 규정된 디지털지상파텔레 비전방송을 하는 방송국(UHF 방송)의 방송을 양호하 게 수신할 수 있는 방송 구역 전계 강도의 기준인 41 dB μ V/m 이상을 나타내고 있다.
2. 수신 품질을 나타내는 SNR의 값도 모든 측정 지점 에서 평균적으로 20dB 이상을 상회하여 수신 상태 가 양호함을 알 수 있다(현재, 난시청 및 잡음을 크 게 개선하는 알고리즘을 적용하여 도심 지역에서도 수신율을 크게 높인 DTV 수신칩이 개발되어 SNR 이 19dB 이하의 값에서도 우수하게 수신되는 것으 로 확인됨).

표 5는 ICS 극소출력 중계기의 설치 전/후의 각 측정 지점에서의 평균 수신율을 나타낸 것이다. 여기에서 알 수 있듯이 설치 전의 평균 수신율 7.8%에 비해 설치 후의 수신율은 92.5%를 나타내어 평균적으로 수신율이 84.7% 개선되어 DTV 난시청 문제가 완전하게 해소됨을 알 수 있다.

표 5. 수신율 개선 현황

Tab. 5 Improvement status of receiving ratio

	Receiving-rate(%)									
	KBS1		KBS2		EBS		MBC		SBS	
	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after
A	8.3	98.0	10.2	98.0	7.5	98.0	9.8	98.0	2.5	91.0
B	11.0	100	10.5	100	10.0	93.0	10	100	13.0	100
C	7.3	85.0	8.5	88.0	9.5	85.0	8.2	85.0	5.5	85.0
D	8.5	88.0	10.0	88.0	8.5	88.0	5.5	90.0	5.8	80.0
E	10.0	100	11.5	100	10.0	92.0	6.8	100	6.3	100
F	6.5	89.0	7.5	81.0	6.7	89.0	5.5	81.0	5.3	81.0
G	5.2	100	7.2	100	6.8	100	8.2	93.0	0	93.0
Average receiving-rate	8.1	94.3	9.3	93.6	8.4	92.1	7.7	92.4	5.5	90.0
Total receiving-rate before/after : 7.8/92.5%, Total Average improvement rate : 84.7%										

V. 결 론

본 논문에서는 난시청 문제를 해소하기 위하여 DTV 방 송 신호가 거의 수신되지 않는 전국적인 난시청 지역 7개소 를 선정하여 ICS 극소출력 동일 채널 중계기의 설치하고, 설치 전/후의 수신 전계 강도 및 SNR을 측정하고, 또한 수 신율 개선 현황을 통하여 ICS 극소출력 동일 채널 중계기 의 효과를 검증하였다.

그 결과,

1. ICS 극소출력 중계기의 설치에 따라 상가 및 주택가 밀집 지역 등 자연적, 인위적으로 난시청이 유발되는 모든 측정 지점에서 DTV 채널이 양호하게 수신되어 난시청 지역의 해소 목표가 달성된 것으로 조사되었다.
2. 기존 TV중계기와의 비교시 동일채널을 사용하기 때 문에 주파수 재활용율이 높으며, 장비가격 역시 기존 장비가(20W기준 5천만 원)의 약1/5수준으로 경제적 이며, 운용비용까지 감안하면 훨씬 경제적이다. 설치 공간은 기존중계기는 안테나공간, 별도의 전원장치, 냉,난방장치가 필요하지만 ICS 극소출력 중계기는 일 체형으로 별도의 부속장치가 필요치 않아 많은 이점

이 있음을 확인할 수 있었다.

3. 동일 채널을 사용하는 증계소와 ICS 극소출력 증계기 사이의 전파 간섭(주파수, 시간 불일치 등) 영향으로 인한 방송 수신 불량 지점은 나타나지 않았으며 SNR의 향상으로 수신율이 전반적으로 증가하였다.
4. 증계소에서 발사되는 방송 신호의 수신 전계 강, 약에 따라 ICS 극소출력 증계기 송신 성능의 극대화 여부가 결정되므로 증계기 설치 장소의 최적화가 우선적으로 고려되어야 하는 점이 과제로 밝혀졌다.
5. ICS 극소출력 증계기의 최적화를 유지하기 위한 증계기의 기술적 사양과 송신, 수신 계통의 안테나 사양의 지속적 향상, 증계기 설치 장소의 사전 조사 등 난시청 해소를 위한 제반 여건의 연구 검토도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌 (References)

[1] ATSC Recommended Practice, "Design of Synchronized Multiple Transmitter Networks, Doc. A/111, 2004.

[2] W. Kim, Y. T. Lee, S. I. Park, H. M. Eun, J. H. Seo and H. M. Kim, "Equalization Digital On-Channel Repeater in the Single Frequency Network", IEEE Trans. Broadcast., Vol. 52, No. 2, pp. 181~184, 2005.

[3] J. K. Lee, Y. W. Suh, J. Y. Choi, and J. S. Seo, "VSB-Based Digital On-Channel Repeater with Interference Cancellation System", ETRI Journal, Vol. 33, No. 5, pp. 670~678. 2011.

[4] W. H. Kwon, "Low Power On-channel repeater for Terrestrial DTV Broadcasting Services(II) : Implementation and Field trials", IKEEE Vol. 16. No. 3, pp. 251~257, 2012.

[5] J. Y. Choi, J. K. Hong, M. S. Hur, Y. W. Suh and J. S. Seo, "An Interference Cancellation Technique for Digital On-Channel Repeaters for T-DMB", pp. 107~113. 2009.

[6] Y. W. Suh, J. K. Lee, J. Y. Choi and J. S. Seo, "A novel data synchronization method for ATSC distributed translator", IEEE 20th International symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 2847~2850, 2009.

[7] Y. S. Kim, J. G. Ki and K. T. Lee, "Interference Cancellation On-Channel Regenerative Repeater for the Single Frequency Network of ATSC Terrestrial Broadcasting", The Journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, Vol. 11, No. 6, pp. 295~302, 2011.

[8] B. Widrow and S. D. Stearns, "Adaptive Signal Processing", Prentice-Hall, Inc. USA, 1985

저 자 소 개



최 수 철

- 1995년 8월 : 여수수산대학교 산업대학원 졸업(공학석사)
- 2013년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 공학대학 전자통신공학과 박사과정
- 1989년 2월 ~ 현재 : 한국방송공사
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-2869-8215>
- 주관심분야 : 방송제작 시스템 및 디지털방송 송신시스템



조 기 량

- 1982년 2월 : 광운대학교 통신공학과 졸업
- 1992년 8월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 2002년 3월 : 일본 오카야마대학 자연과학연구과 공학박사
- 현재 : 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-0072-7387>
- 주관심분야 : 음성신호처리, 파동·압전 문제의 수치해석, 최적제어